

**Process for modeling and/or simulating a rolling mill comprises structuring a plant layout so that process conditions of the plant and/or the product conditions are produced, and mapping a virtual plant**

**Patent number:** DE10018704

**Publication date:** 2001-10-18

**Inventor:** PEUKER THOMAS (DE); SOERGEL GUENTER (DE)

**Applicant:** SIEMENS AG (DE)

**Classification:**

- **International:** G05B17/00; B21B37/00; G06F17/50; B21B1/00; B21B13/00

- **European:** G05B17/02

**Application number:** DE20001018704 20000414

**Priority number(s):** DE20001018704 20000414

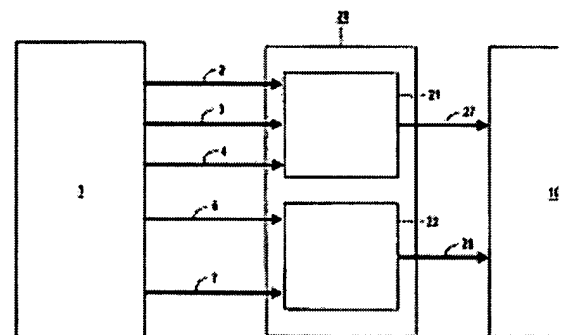
**Also published as:**



WO017994

#### **Abstract of DE10018704**

Process for modeling and/or simulating a technical plant comprises structuring a plant layout so that process conditions of the plant and/or the product conditions are produced; and mapping a virtual plant. An Independent claim is also included for a tool for generating and operating a virtual production plant. Preferred Features: The modeling of the virtual plant occurs using a library of parameter-based 3D objects.





①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 100 18 704 A 1**

⑤ Int. Cl. 7:  
**G 05 B 17/00**  
B 21 B 37/00  
G 06 F 17/50  
B 21 B 1/00  
B 21 B 13/00

②1 Aktenzeichen: 100 18 704.8  
②2 Anmeldetag: 14. 4. 2000  
④3 Offenlegungstag: 18. 10. 2001

DE 100 18 704 A 1

⑦1 Anmelder:  
Siemens AG, 80333 München, DE

⑦2 Erfinder:  
Peuker, Thomas, Dr., 91052 Erlangen, DE; Sörgel,  
Günter, 90455 Nürnberg, DE

⑤6 Entgegenhaltungen:

DE 44 11 314 C2  
DE 198 32 974 A1  
DE 197 06 767 A1  
US 58 38 973 A  
JP 04-1 78 704  
JP 04-1 77 401

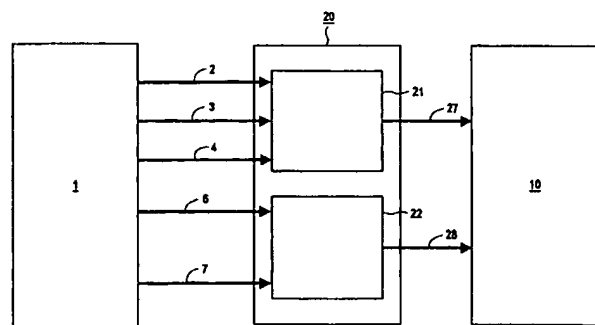
JP 11085208 A (abstract) In: Patent Abstracts of  
Japan [CD-ROM];

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verfahren und Werkzeug zur Modellierung und/oder Simulation einer technischen Anlage

⑤7 Bei einem bekannten Verfahren zur Modellierung und/oder Simulation einer technischen Anlage wird die Anlage zunächst als Anlagenlayout strukturiert und parametrisiert, so dass anschließend an diesem Anlagenlayout durch Simulationsrechnungen Prozesszustände der Anlage und/oder Produktzustände der mit der Anlage erzeugten Produkte erzeugbar sind. Erfindungsgemäß wird die Anlage in einer virtuellen Realität (VR) abgebildet. Beim zugehörigen Werkzeug ist dafür wenigstens eine Schnittstelle (20; 21, 22), mittels derer ein Datenaustausch vom Simulator (1) in die Applikation (10) der virtuellen Realität (VR) erfolgt, vorhanden.



DE 100 18 704 A 1

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Modellierung und/oder Simulation einer technischen Anlage, wobei die Anlage zunächst als Anlagenlayout strukturiert und parametrisiert wird, so dass anschließend an diesem Anlagenlayout durch Simulationsrechnungen Prozesszustände der Anlage und/oder Produktzustände der mit der Anlage erzeugten Produkte ausführbar sind. Weiterhin bezieht sich die Erfindung auf ein Werkzeug zur Generierung und Betrieb virtueller Produktionsanlagen, bei dem das angegebene Verfahren durchgeführt wird. Ein solches Werkzeug wird auch als Tool bezeichnet.

[0002] In zunehmendem Maße werden technische Anlagen in einer virtuelle Realität (Virtual Reality = VR) abgebildet. Wesentliche Gründe sind dafür beispielsweise die Aufstellungsplanung, das Design und die Simulation von Produktionsprozessen. Die virtuelle Realität hat sich aber auch als Marketing-Mittel zur Präsentation beim Kunden oder im Rahmen von Projektdurchsprachen während der Projektierung bewährt.

[0003] Die Wiedergabe einer technischen Anlage in der virtuellen Realität ist aufwendig. Dabei sind mindestens zwei Aspekte von entscheidender Bedeutung, und zwar:

- Es muss zunächst ein Anlagenlayout generiert werden. Dafür müssen die einzelnen Aggregate der Anlage entsprechend eines definierten Anlagenlayouts zu einer Gesamtanlage in der virtuellen Welt kombiniert und ihren Dimensionen parametrisiert werden.
- Die so in einer virtuellen Welt wiedergegebene Anlage muss dann mit dynamischen Prozessdaten versorgt werden. Letzteres ist notwendig, um den Produktionsablauf in der virtuellen Welt zu simulieren, wofür im Einzelnen die Daten dynamisch zur Beschreibung des Anlagenzustandes und der Produkte an die virtuelle Welt übergeben werden müssen. Derartige Daten können beispielsweise durch entsprechende Simulationsberechnung erzeugt werden.

[0004] In der Praxis werden bereits technische Anlagen in der virtuellen Welt dargestellt, was bisher äußerst aufwendig ist. Jeweils eine spezifische Anlage wird dabei durch aufwendiges Software-Engineering in der virtuellen Welt abgebildet und simuliert. Dazu werden 3d-Modelle, beispielsweise aus entsprechenden CAD-Programmen, die bei dem konkreten Projekt bereits im Einsatz sind, genutzt.

[0005] Beim Stand der Technik muss für jedes neue Projekt die angegebene Vorgehensweise wiederholt werden. Da die technische Ausführung der Modellierung bzw. Simulation einer technischen Anlage einerseits und der Wiedergabe in der virtuellen Realität andererseits komplex sind, haben sich hier beim Stand der Technik jeweils eigene Wege durchgesetzt. Standardmethoden sind nicht bekannt.

[0006] Aufgabe der Erfindung ist es demgegenüber, verbesserte Verfahren anzugeben und zugehörige Standard-Werkzeuge zu schaffen, die insgesamt zu Einsparungen führen.

[0007] Die Aufgabe ist erfindungsgemäß durch die Maßnahmen des Verfahrensanspruches 1 gelöst. Vorzugsweise Vorgehensweisen sind Gegenstand der abhängigen Verfahrensansprüche, wobei dort auch auf einen spezifischen Branchenbezug eingegangen wird. Die Ausbildung der zugehörigen Werkzeuge ist in den Sachansprüchen angegeben.

[0008] Bei der Erfindung wird vorteilhafterweise die Modellierung und/oder die Simulation der technischen Anlage unmittelbar mit der Darstellung in der virtuellen Realität verknüpft. Somit ergibt sich nunmehr die Möglichkeit, dass

vom Anwender die Prozess-Simulation und die Visualisierung in der virtuellen Realität zu einem gemeinsamen Vorgang verschmolzen werden. Dabei ist auch eine interaktive Vorgehensweise möglich.

[0009] Mit der Erfindung kann ein vorhandene Simulations-Tool als Werkzeug so erweitert werden, dass es in der Lage ist, unmittelbar als Modellgenerator für eine entsprechende VR-Applikation zu dienen. Dafür wird eine erste, entsprechende Teilschnittstelle definiert. Die VR-Applikation kann dann diese Schnittstelle auswerten und auf der Basis einer Bibliothek von 3d-Objekten die technische Anlage in der virtuellen Welt abbilden. Über eine zweite Teilschnittstelle werden die Daten zur Beschreibung des Anlagenzustandes und/oder des Produktzustandes der mit der Anlage erzeugten Produkte an die VR-Applikation übermittelt und können dort ebenfalls visualisiert werden. Schließlich ist es auch möglich, über eine dritte Teilschnittstelle Daten von der virtuellen Realität auf die Simulation mit Modellgenerator rückzukoppeln.

[0010] Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Figurenbeschreibung von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit weiteren Patentansprüchen. Es zeigen

[0011] Fig. 1 eine schematische Darstellung des erfindungsgemäßen Verfahrens,

[0012] Fig. 2 im Einzelnen die dabei verwendete Schnittstelle in erster Ausbildung und

[0013] Fig. 3 eine Abwandlung von Fig. 2 mit drei Teilschnittstellen.

[0014] In Fig. 1 ist mit 1 eine Einheit zur Simulation einer technischen Anlage dargestellt. 10 kennzeichnet eine Darstellung in der virtuellen Realität und 20 eine Schnittstelle zwischen dem Simulator 1 und der Darstellung der virtuellen Realität 10.

[0015] Einheiten zur Simulation technischer Anlagen sind vom Stand der Technik bekannt. Speziell für die Grundstoffindustrie werden dabei sogenannte Fließschema-Simulatoren verwendet, wozu im Einzelnen auf den SIEMENS-Firmenprospekt "Fließschema-Simulation in der Stahlindustrie mit HYBEX" (Bestell-Nr. E100001-T105-A13) verwiesen wird.

[0016] Unter HYBEX wird ein hybrides Expertensystem verstanden, das in Fig. 1 in einer, einen Simulator für eine technische Anlage bildende Einheit 1 selbsterklärend dargestellt ist. In eine Einheit HYBEX/SIM - HYBEX/PlantSIM werden Dateien von Projekt-Files einerseits und projektspezifischen Stapel-Files andererseits eingegeben. Die Einheit HYBEX/SIM - HYBEX/PlantSIM hat Zugriff zu Datenbanken HYBEX/DB, HYBEX/MatDB<sub>light</sub> - HYBEX/MatDB und zu einer Nutzwertanalyseeinheit HYBEX/MCDM, wobei weiterhin ein Optimierer HYBEX/Opt vorhanden ist. Mit diesem Standard-System kann eine technische Anlage softwaremäßig simuliert, wobei die simulierte Anlage mittels eines Schalters festgelegt werden kann, so dass die Anlagensimulation dann nicht mehr ohne weiteres änderbar ist.

[0017] Mit dem nach dem HYBEX-Verfahren arbeitenden Simulator 1 wird in bekannter Weise ein Anlagenlayout erstellt. Mit dem Fließschema-Simulator 1 wird die Anlage zunächst im Einzelnen strukturiert und parametrisiert. Nach Verifizierung des softwaremäßig erstellten Anlagenlayouts werden an der Anlage anschließend Prozess- und Produktzustände durch Simulationsrechnungen erzeugt.

[0018] Dieses bereits vorhandene Tool wird nunmehr in die Definition der virtuellen Welt eingebracht. Die Modellierung der virtuellen Welt basiert auf einer Bibliothek von parametrisierbaren 3d-Objekten, die auf einer oder mehreren Projektionsflächen den Status der Virtuellen Realität (VR)

wiedergeben. Damit wird vorteilhafterweise Folgendes erreicht:

[0019] Es muss nicht mehr für jede neue Anlage eine virtuelle Welt programmiert werden, wodurch sich eine erhebliche Kostenreduktion ergibt. Die Modellierung der virtuellen Welt wird durch das bereits für die Simulation vorhandene Tool 1 übernommen. Dadurch kann die Engineering-Leistung automatisiert werden, so dass sie durch jeden User vornehmbar ist. VR-Spezialisten sind nicht mehr notwendig. Dadurch, dass vom Anwender die Prozess-Simulation und die Visualisierung in der virtuellen Welt verschmolzen werden, ergibt sich eine einzige Einheit. Veränderungen im Prozesssimulationsmodell werden unmittelbar in die Visualisierung in der virtuellen Welt übertragen.

[0020] In Fig. 2 sind die Einheiten 1, 10 und 20 entsprechend Fig. 1 vorhanden. Die Schnittstelle 20 weist im Einzelnen eine erste Schnittstelle 21 zur statischen, d. h. einmaligen Übertragung des Anlagenlayouts auf. Weiterhin ist eine zweite Schnittstelle 22 zur Beschreibung des Anlagen- und Produktzustandes vorhanden, die dynamisch ausgebildet ist.

[0021] Von der Einheit 1 zur Modellgenerierung und Simulation werden folgende Parameter übertragen: Entsprechend dem Pfeil 2 wird eine Liste der Units, entsprechend dem Pfeil 3 die Koordinaten der Units und entsprechend Pfeil 4 die Parameter der Units auf die erste Schnittstelle 21 übertragen. Unter Units sind dabei die Teilprozesse der Anlage definiert, die jeweils technische Grundoperationen realisieren. Mit solchen Units lässt sich eine technische Anlage als eine Folge von Zuständen und Prozessen abbilden. Entsprechend dem Pfeil 6 werden die Ergebnisse je Unit und entsprechend Pfeil 7 der Zustand des Produktes nach jeder Unit auf die zweite Schnittstelle 22 übertragen. Von beiden Schnittstellen 21 und 22 gelangen dann die Daten entsprechend den Pfeilen 27 und 28 zur Einheit 10 der VR-Applikation.

[0022] Zur interaktiven 3d-Visualisierung sind bei vielen Fällen auch Datenübertragungen von der VR-Applikation 10 zum Simulator 1 erwünscht, was anhand Fig. 3 verdeutlicht wird. In einer Anordnung gemäß Fig. 2 umfasst die Schnittstelle 20 eine dritte Teilschnittstelle 23, wobei die über diese Schnittstelle 23 erfolgende Datenübertragung mit einem Pfeil 15 angedeutet ist. Es können damit von der Applikation 10, Vorgaben und/oder Simulationsanstöße für den Simulator 1 rückgekoppelt werden. Dadurch kann die Flexibilität erhöht werden, da bei der virtuellen Darstellung der technischen Anlage sich die Simulation und die Visualisierung der zugehörigen Ergebnisse gegenseitig beeinflussen können.

[0023] Die anhand der Fig. 1 bis 3 beschriebene Vorgehensweise wird insbesondere im Rahmen der Grundstoffindustrie angewandt und wurde speziell für Warmwalzwerke erprobt. In solchen Walzwerken werden Metall-Brammen bei erhöhter Temperatur zu Metallband gewalzt, wobei die Gesamtanlage im Wesentlichen einen Ofen, ein oder mehrere Walzgerüste, eine Kühlstrecke und eine Haspel umfasst. Nachfolgend werden nur die Walzgerüste mit wenigstens zwei Arbeitswalzen betrachtet, mit denen das Metall von einer eingangsseitigen Dicke auf eine Enddicke gewalzt wird. Wesentlich ist dabei die Einstellung der einzelnen Walzgerüste hinsichtlich der über die Walzen auf das Metall aufzubringenden Walzkraft, so dass die vorgegebenen Qualitätsbedingungen eingehalten werden.

[0024] Mit dem im Einzelnen in Fig. 2 oder Fig. 3 dargestellten Tool ist nunmehr eine geeignete Schnittstelle geschaffen, die für die Anwendung bei Walzwerken die wesentlichen Informationen überträgt. Dies sind einerseits die Informationen über die Art des Anlagenaggregates, z. B. das

spezifische Walzgerüst, und weiterhin die Ortskoordinaten des einzelnen Aggregates, z. B.  $(x, y, z) = (10, 100, 0)$ . Schließlich werden weitere Parameter des Aggregates übertragen, beispielsweise der Radius der Arbeitswalzen.

[0025] Mit den eingegebenen Werten kann die VR-Applikation die Schnittstelle auswerten. Dafür werden von einer Bibliothek aus dort vorhandenen 3d-Objekten entsprechende Objekte ausgewählt und daraus die Gesamtanlage in der virtuellen Welt abgebildet.

[0026] Für die Anwendung beim Walzen werden über die zweite Schnittstelle 22 der Fig. 2 die Daten zur Beschreibung des Anlagen- und Produktzustandes an die virtuelle Welt übermittelt. Sie können dort gegebenenfalls visualisiert werden. Wesentliche Daten sind dabei für das Walzen einerseits die bei der speziellen Anlagenkonfiguration vorhandenen Randbedingungen, beispielsweise die aufgetretene Walzkraft und die damit verbundene Auffederung des jeweiligen Walzgerüsts. Andererseits geht es weiterhin um eine Produktbewertung, beispielsweise die Auswirkung des jeweiligen Walzgerüsts beim Walzen hinsichtlich Dicke und/oder Profil des damit bearbeiteten Walzgutes. Schließlich sind bei einem Walzband weitere physikalische oder metallurgische Eigenschaften, beispielsweise Temperatur der Bandoberfläche oder Gefügeausbildung speziell bei Stahl als Walzgut, von Interesse. In der virtuellen Applikation können hinsichtlich solcher Eigenschaften nunmehr Darstellungsformen angewandt werden, die in der Praxis nur schwer zu realisieren sind. Beispielsweise kann die Temperatur über die Bandlänge des Walzbandes in einer vorgegebenen Farbskala wiedergegeben werden.

[0027] Vorstehend wurde die Anwendung der Erfindung für ein Walzwerk und das dort als Produkt hergestellte Walzband im Einzelnen beschrieben. Es wurde verdeutlicht, dass sich mit der beschriebenen Methode mit vertretbarem Aufwand die für die Anlagenprojektierung der Stahlindustrie eingeführte Fließschema-Simulation vorteilhaft ergänzen lässt.

[0028] Das beschriebene Verfahren und die entsprechenden Werkzeuge sind aber im Prinzip branchenunabhängig und damit auch für beliebige technische Anlagen in der Grundstoff- und auch verarbeitenden Industrie einsetzbar.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Modellierung und/oder Simulation einer technischen Anlage, wobei die Anlage zunächst als Anlagenlayout strukturiert und parametrisiert wird, so dass anschließend an diesem Anlagenlayout durch Simulationsrechnungen Prozesszustände der Anlage und/oder Produktzustände der mit der Anlage erzeugten Produkte erzeugt werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Anlage in einer Virtuellen Realität (VR) abgebildet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Modellierung der virtuellen Realität (VR) auf der Grundlage einer Bibliothek von parametrierbaren 3d-Objekten erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass vom Anwender die Prozess-Simulation und die Visualisierung in der virtuellen Realität (VR) zu einem gemeinsamen Vorgang verschmolzen werden.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass Veränderungen im Prozess-Simulationsmodell unmittelbar als Visualisierung in der virtuellen Realität (VR) übertragen werden.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch die Anwendung in der

Grundstoffindustrie.

6. Verfahren nach Anspruch 5, gekennzeichnet durch die Anwendung in Walzwerken.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem Walzwerk die Applikation von einzelnen Walzgerüsten und von damit gewalzten Walzgut der virtuellen Realität (VR) übermittelt und dort visualisiert wird. 5

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass Prozessgrößen visualisiert werden. 10

9. Verfahren nach Anspruch 7 und Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem Walzwerk mit einzelnen Walzgerüsten wenigstens die am Walzgerüst auftretende Walzkraft und die damit verbundene Auffederung des Walzgerüsts visualisiert werden. 15

10. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass Zustandsgrößen visualisiert werden.

11. Verfahren nach Anspruch 7 und Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem Walzwerk das Walzgut, vorzugsweise dessen Dicke und Planheit, sowie die Temperatur des Walzgutes visualisiert werden. 20

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperatur des Walzgutes anhand einer Farbskala dargestellt wird.

13. Werkzeug zur Generierung und Betrieb einer virtueller Produktionsanlage unter Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 oder einem der Ansprüche 2 bis 12, mit einem Simulator (1) und wenigstens einer Schnittstelle (20; 21-23), mit der ein Datenaustausch vom Simulator (1) in eine Einheit (10) zur Applikation der virtuellen Realität (VR) erfolgt. 25 30

14. Werkzeug nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Simulator (1) mittels eines Fließschemas die Anlage simuliert und das Anlagenlayout erstellt. 35

15. Werkzeug nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass der Simulator (1) die Vorgabe von Ortskoordinaten (x, y, z) einzelner Anlagenaggregate liefert.

16. Werkzeug nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Einheit (10) zur Applikation der virtuellen Realität (VR) die Schnittstelle (20; 21-23) auswertet und auf der Basis einer Bibliothek von 3d-Objekten die jeweilige Anlage in der virtuellen Welt abbildet. 40 45

17. Werkzeug nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Schnittstelle (20; 21-23) wenigstens zur Übermittlung von Daten zur Beschreibung des Prozessgeschehens einerseits sowie des Anlagen- und/oder Produktzustandes andererseits an die VR-Applikation (10) abgebildet ist. 50

18. Werkzeug nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Schnittstelle (20) eine erste Teilschnittstelle (21) für die Beschreibung der Anlage und eine zweite Teilschnittstelle (21) für die Beschreibung des Anlagen- und/oder des Produktzustandes enthält. 55

19. Werkzeug nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass über die Schnittstelle (20; 21-23) ein bidirektionaler Datenaustausch erfolgt.

20. Werkzeug nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Schnittstelle (20) eine dritte Teilschnittstelle (23) zur Rückwärtsübertragung (15) von Daten enthält. 60

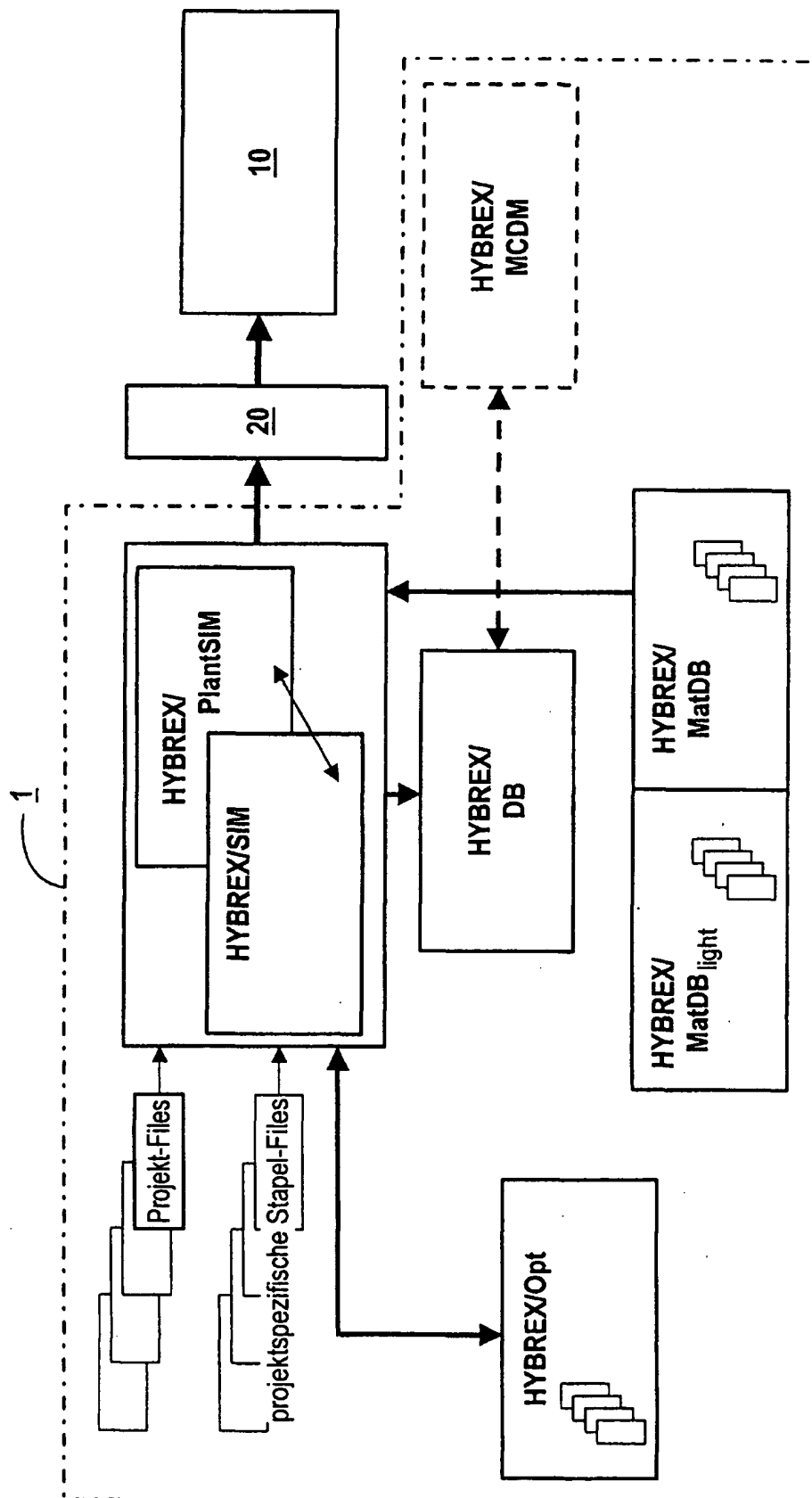


FIG 1

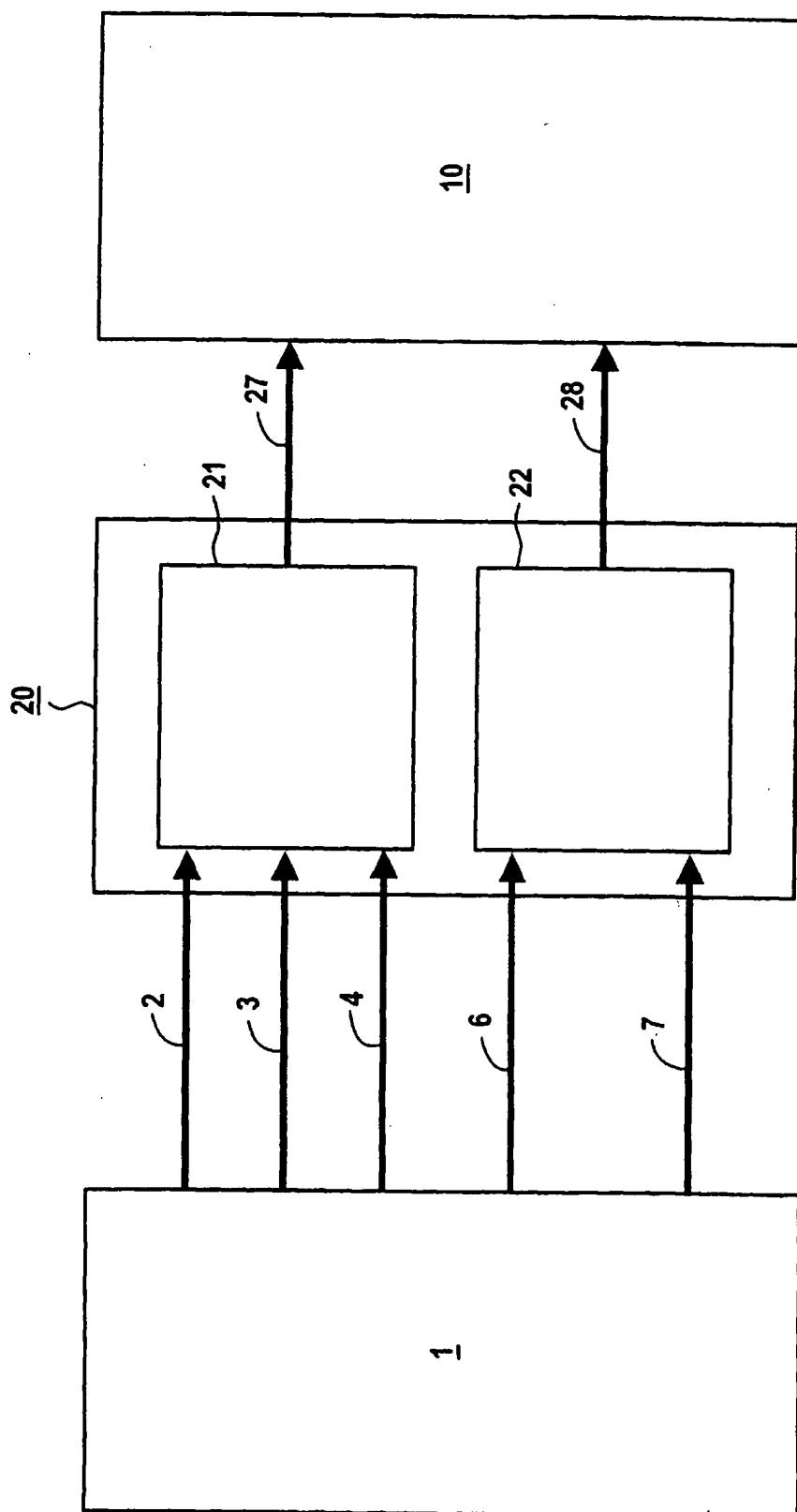


FIG 2

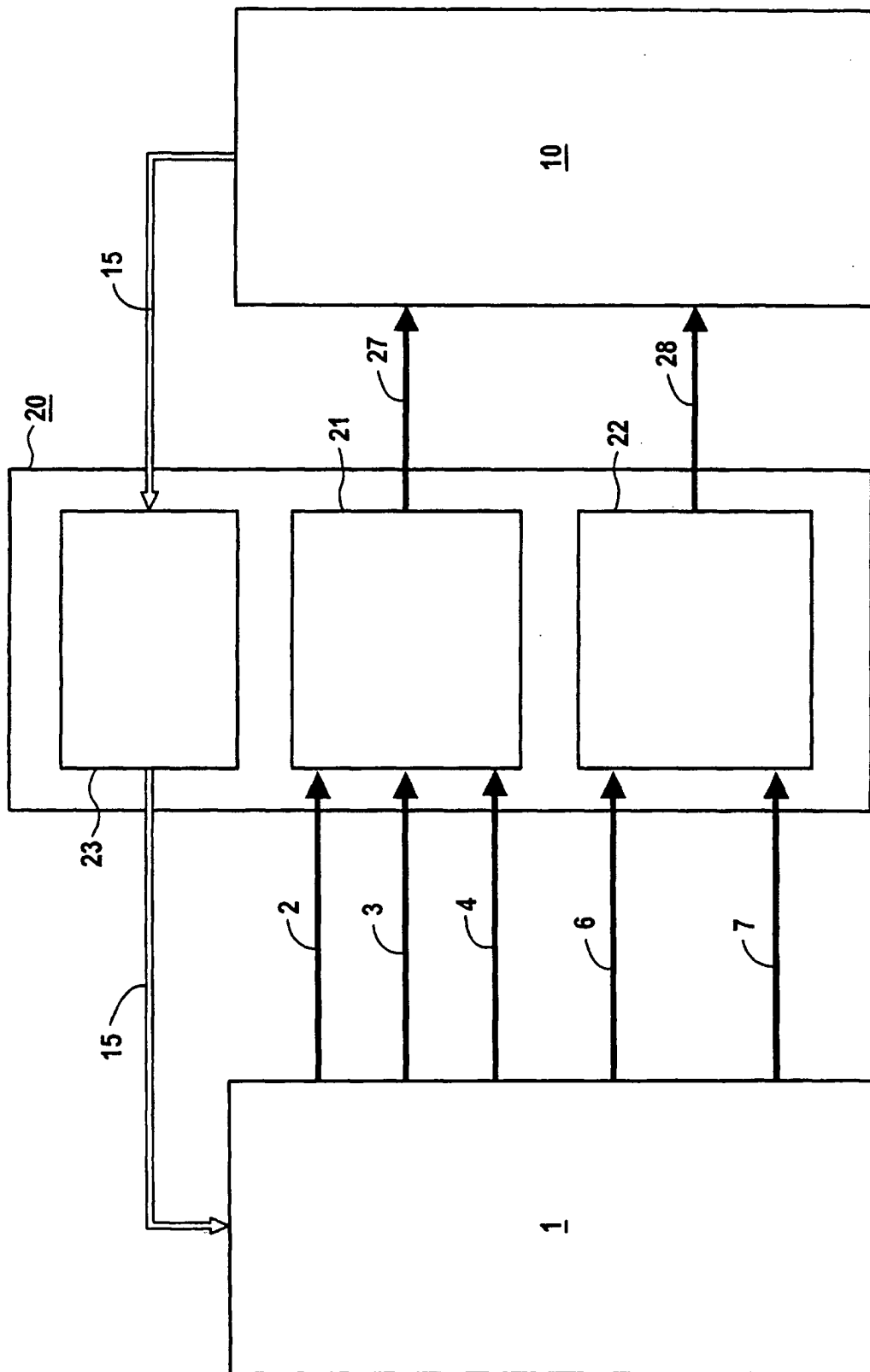


FIG 3